

УДК 662.612.324

А.М. Горбунова, Е.Г. Решетников,
(A.M. Gorbunova, E.G. Reshetnikov)
Г.Б. Сапожников, С.В. Звягин
(G.B. Sapozhnikov, S.V. Zvjagin)
УГЛТУ, Екатеринбург
(USFEU, Ekaterinburg)

**ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ НА ВНЕШНИЙ МАССООБМЕН
В ВИБРОКИПАЮЩЕМ СЛОЕ ИНЕРТНОГО МАТЕРИАЛА**
(SIZE OF PARTICLES INFLUENCE ON EXTERNAL
MASS TRANSFER IN VIBROFLUIDIZED BED OF INERT
MATERIAL)

Экспериментально определены коэффициенты массоотдачи β , свидетельствующие о высокой интенсивности внешнего массообмена в виброкипящем слое из частиц разного размера.

The coefficients of mass transfer were determined experimentally. They showed high intensity of external mass transfer in vibrofluidized bed with different sizes of particles.

Среди различных факторов, действующих в виброкипящем слое и оказывающих существенное влияние на процессы переноса, большую роль играет размер частиц дисперсного материала. Если с ростом размера частиц коэффициенты теплоотдачи α , характеризующие внешний теплообмен в виброкипящем слое, монотонно уменьшаются, то для коэффициентов массоотдачи β , характеризующих внешний массообмен, зависимость более сложная [1]. Ниже на основании дополнительных данных приводится анализ влияния размера частиц слоя на внешний массообмен в виброкипящем слое.

При изучении массообмена в качестве модельного использовался процесс сублимации тел небольших размеров в форме шаров (\varnothing 13–15 мм), выполненных из нафталина. Опыты проводились* в вертикальной камере квадратного сечения 100×100 мм высотой 120 мм, которая жестко крепилась к столу вибростенда. Параметры вертикально направленной вибрации составляли: частота f 35–55 Гц, амплитуда A 0,4–1,4 мм, высота слоя $H_0 = 60$ мм. В качестве сыпучего материала, инертного по отношению к парам нафталина, использовался электрокорунд узких

* Исследование движения газовой среды и внешнего массообмена в виброподвижном слое сыпучего материала. /А.М. Горбунова, Б.Г. Сапожников, Ю.О. Зеленкова [и др.] // XXXII Всерос. конф. по проблемам науки и технологий. Миасс, 2012. С. 122-125.

фракций с размером частиц d_T 0,12, 0,25, 0,4, 0,63 и 1,25 мм. Для характеристики массообмена применялся коэффициент массоотдачи β , отнесенный к разности концентраций, который рассчитывался по известному уравнению массоотдачи (аналогу уравнения Ньютона-Рихмана для теплоотдачи), записанному через парциальные давления паров нафталина.

Процессы переноса в виброкипящем слое зависят от характера движения дисперсного материала в целом, возникающих в нем пульсаций газовой среды и особенностей обтекания дисперсной средой размещенного в нем с помощью державки тела, вибрирующего с амплитудой и частотой вынужденных колебаний. О характере обтекания тела в форме цилиндра можно судить по данным рис. 1. Вокруг трубы образуется светлый ореол, представляющий собой менее плотную для рентгеновских лучей среду, чем вдали от трубы, т.е. пограничную зону.

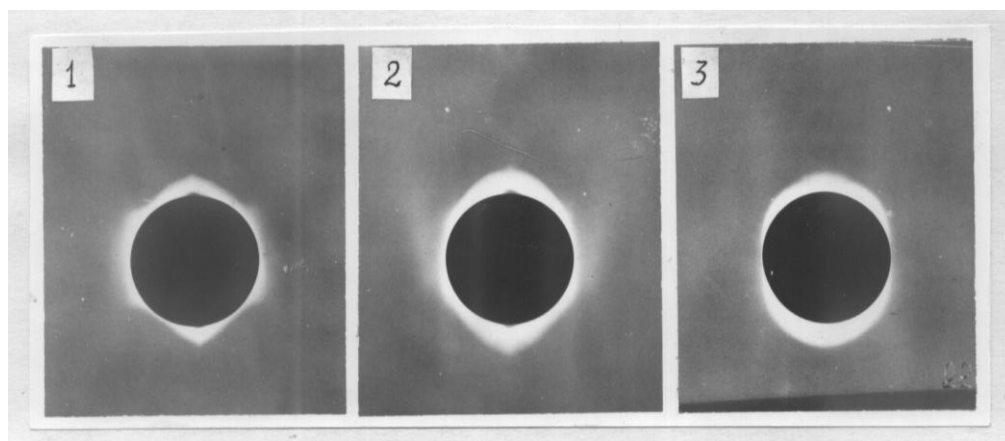


Рис. 1. Средняя картина обтекания одиночной горизонтальной трубы виброкипящим слоем шамота, полученная при фотографировании в рентгеновских лучах, $H_0 = 160$ мм, $f = 20$ Гц, $A = 2,75$ мм, $K = 4,43$: 1 – $d_T = 0,2$ мм; 2 – $d_T = 0,5$ мм; 3 – $d_T = 0,8$ мм (М 1:1,25)

Величина и форма ее зависит от параметров вибрации, размера частиц слоя и самого тела. Для крупных частиц (рис. 1, фото 3) пограничная зона образуется в основном на верхней и нижней частях тела. С уменьшением размера частиц (фото 2 и 1) появляется пограничная зона на боковых участках с активным движением дисперсной среды, что для теплообмена приводит к дополнительной интенсификации процесса. В слое крупных частиц (фото 3) пограничная зона практически свободна от частиц, которые вследствие инерционных сил располагаются под и над вибрирующим телом, увеличивая толщину воздушной прослойки и снижая коэффициент теплоотдачи.

На рис. 2 и 3 приведены экспериментальные данные о влиянии амплитуды и частоты вибрации на зависимость коэффициентов β от размера частиц d_T . В обоих случаях – при $A = \text{const}$ (см. рис. 2) или $f = \text{const}$ (см. рис.

3) – для большинства кривых наблюдается тенденция увеличения коэффициентов массоотдачи при $d_T = 0,63$ мм с последующим снижением в слое частиц 1,25 мм.

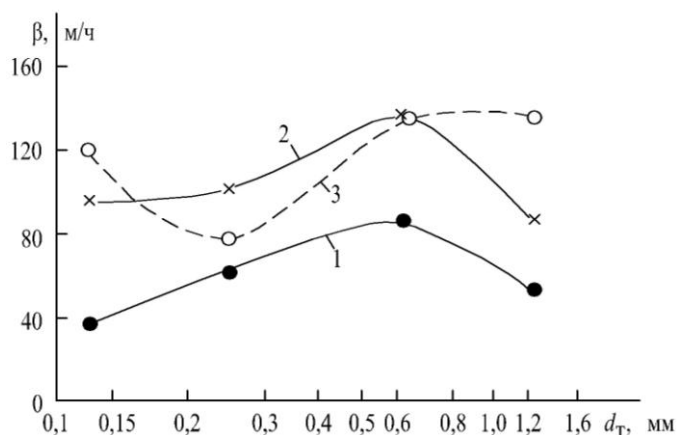


Рис. 2. Влияние амплитуды вибрации A на зависимость коэффициентов β от размера частиц d_T корунда, $H_0 = 60$ мм, $f = 35$ Гц: 1 – $A = 0,6$ мм, $K = 2,96$; 2 – $A = 1,0$ мм, $K = 4,95$; 3 – $A = 1,2$ мм, $K = 5,93$

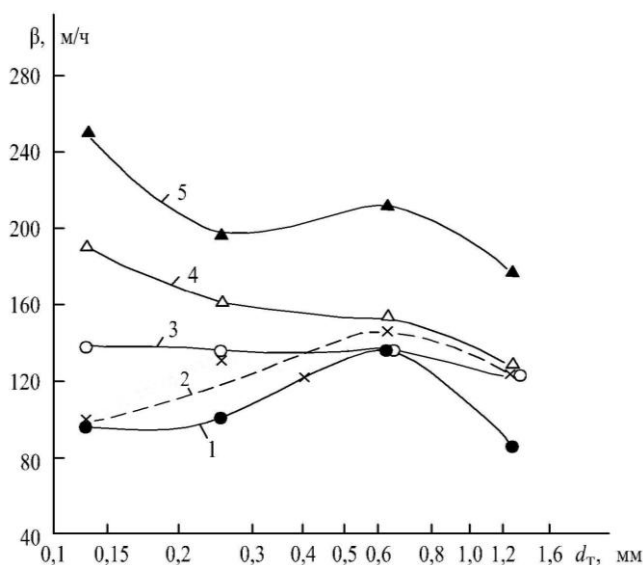


Рис. 3. Влияние частоты вибрации f на зависимость коэффициентов β от размера частиц d_T корунда, $H_0 = 60$ мм, $A = 1,0$ мм: 1 – $f = 35$ Гц, $K = 4,94$; 2 – $f = 40$ Гц, $K = 6,45$; 3 – $f = 45$ Гц, $K = 8,15$; 4 – $f = 50$ Гц, $K = 10,06$; 5 – $f = 55$ Гц, $K = 12,2$

Очевидно, что факторы, влияющие на теплоотдачу и связанные с пограничной зоной, действуют и на процессы внешнего массообмена. Вместе с тем большую роль в массообмене играет движение самих частиц и их групп, которые увлекают и переносят с собой свежие порции газовой среды, способствуя интенсивному массообмену как в самом слое, так и вблизи поверхности тела (эффект присоединенной массы), причем масса этих порций пропорциональна размеру частиц и конгломератов из них. Поэтому вначале с увеличением размера частиц после некоторого

снижения коэффициентов β (см. рис. 2, кривые 2, 3 и рис. 3, кривые 1, 4, 5) наблюдается их возрастание (при $d_T = 0,63$ мм), причем максимум отмечался для всех режимов. Но в дальнейшем с ростом размера частиц их число в единице объема слоя сокращается, что и приводит к уменьшению коэффициентов β . В итоге можно констатировать, что в отличие от теплообмена процессы внешнего массообмена протекают сравнительно интенсивно во всем исследованном интервале изменения размера частиц от 0,12 до 1,25 мм.

УДК 697.27

Ю.О. Зеленкова, Б.Г. Сапожников
(Ju.O. Zelenkova, B.G. Sapozhnikov)
М.В. Зеленков, С.В. Звягин
(M.V. Zelenkov, S.V. Zvjagin)
УГЛТУ, Екатеринбург
(USFEU, Ekaterinburg)

**О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ИНФРАКРАСНЫХ ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ
ПО СРАВНЕНИЮ С КОНВЕКТИВНЫМИ**
(THE ADVANTAGES OF INFRARED HEATERS
AS COMPARED TO CONVECTIVE)

Показано преимущество электрического инфракрасного средневолнового обогревателя по сравнению с длинноволновым и конвективным.

Shows the advantage of the electric middle infrared heater modems in comparison with long infrared and convective heaters has been shown in this paper.

Оборудование инфракрасной сушки и нагрева, а также инфракрасные обогреватели используют наиболее эффективный естественный способ передачи теплоты – с помощью инфракрасного излучения. Поэтому технологические линии и установки, использующие инфракрасное излучение для нагрева и сушки, имеют высокую производительность. При отоплении зданий электрические инфракрасные обогреватели обеспечивают экономию до 20 % и осуществляют быстрый обогрев (15-30 мин, использующие средневолновый спектр излучения, и 30-60 мин, – длинноволновый).

Наиболее распространенными являются средневолновые электрические инфракрасные обогреватели и длинноволновые. Они позволяют создать комфортные условия в помещениях и даже на открытых площадках при минимальных затратах энергии. При потолочном